

## COMPRENSIÓN DEL PROCESO MEIÓTICO EN ESTUDIANTES DEL PROFESORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

*LEGARRALDE, TERESA<sup>1</sup>; GALLARRETA, SILVIA<sup>2</sup>; VILCHES, ALFREDO<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. UNLP. [teresalegarralde@yahoo.com](mailto:teresalegarralde@yahoo.com)

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires. UNICEN.

### RESUMEN

Este estudio se centró en las dificultades vinculadas a la comprensión del proceso meiótico en estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas, con el objeto de realizar aportes fundamentados para la enseñanza del tema. Se trató de una investigación de tipo exploratoria en la que se planteó una situación hipotética (cuestionario abierto) a una muestra de 65 alumnos. La misma permitió identificar dificultades en la comprensión de estos contenidos, que en algunos casos, persisten en alumnos próximos a egresar. Fundamentados en esta indagación, se definieron algunos criterios que deberían orientar el tratamiento de los temas mencionados hacia el desarrollo de estrategias de trabajo que colaboren en el logro de aprendizajes más duraderos por parte del alumnado.

**Palabras clave:** meiosis, estudiantes del profesorado en ciencias biológicas, dificultades de aprendizaje, trabajo con problemas, implicancias didácticas.

## INTRODUCCIÓN

Los avances que se produjeron en el último medio siglo en el área de la Genética son generadores de profundos debates sociales (éticos, religiosos, económicos, políticos), los cuales también se dan en el seno de la disciplina. La misma, desde su origen, ha suscitado tensiones y controversias que cambiaron la dirección del progreso científico y que condujeron a los conceptos actuales de este campo.

Los referidos debates también alcanzan al campo de la educación, particularmente respecto a los problemas que interfieren en el aprendizaje de contenidos sobre herencia y variación. Por ello, indagar las dificultades vinculadas a la comprensión del proceso meiótico en futuros profesores de Biología, se constituyó como una investigación cuya contribución reviste importancia en este dominio. Estos contenidos, que resultan de difícil comprensión para los estudiantes, justificaron la presente exploración entendiendo que sus hallazgos pueden servir como base para fundamentar futuras intervenciones didácticas, además de contribuir a la construcción de un marco teórico al respecto, que permita profundizar en la comprensión de las causas por las cuales estos conceptos no son construidos debidamente.

Los conceptos referidos a la estructura y funcionamiento celular representan temas-frontera respecto a los contenidos que son objeto del presente estudio; son muchas las dificultades que los alumnos afrontan respecto a la comprensión de contenidos relativos a la estructura y dinámica celular, pero la bibliografía existente en el nivel superior remite a los trabajos de Rodríguez Palmero (2000, 2003); Rodríguez Palmero, *et al.* (2001), aunque otros autores han dedicado esfuerzos en este sentido (Mengascini, 2006; Tamayo Hurtado y González García, 2003, entre otros). En estrecha relación con estos temas se encuentran los aprendizajes referidos a la reproducción celular, particularmente aquellos vinculados al proceso meiótico y su relación con los fundamentos básicos de la Genética, área en la que también se presentan dificultades para su enseñanza y aprendizaje. Las dificultades relacionadas a la estructura y dinámica celular podrían estar planteando problemas para el aprendizaje en este campo, impidiendo que estos contenidos se representen en las mentes de los estudiantes de un modo científico y contextualmente aceptado (González *et al.*, 2008; Kindfield, 1994; Liberatore Cavallo, 1994); los factores que inciden son de muy diferente naturaleza unos con respecto a los otros, de aquí la complejidad de su abordaje en la búsqueda de resultados positivos en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esta es una opinión compartida por muchos autores (Ayuso *et al.*, 1996; Gagliardi, 1986; Giordan y de Vecchi, 1988; Kindfield, 1994; Morin, 1995; Ramorogo y Wood- Robinson, 1995, entre otros).

Por lo expresado, este trabajo tuvo como objetivo indagar sobre las dificultades vinculadas a la comprensión del proceso meiótico en futuros profesores de Biología y realizar aportes fundamentados para la enseñanza del tema.

## METODOLOGIA

El presente trabajo forma parte de una investigación más amplia (Legarralde, 2011) que se realizó en el período Agosto 2009 - Junio 2011 sobre una muestra de 65 alumnos que cursan distintos años del Profesorado en Ciencias Biológicas. Las instituciones seleccionadas para tomar los datos fueron la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (Universidad Nacional de La Plata), el Instituto Superior de Formación Docente N° 10 (Tandil) y el Instituto de Formación Docente N° 95 (La Plata). Los estudiantes que constituyeron la muestra, fueron agrupados en dos niveles o estratos:

- Alumnos que cursan 1° y 2° año de la carrera como “alumnos noveles o novatos” (n =30).
- Alumnos que cursan 4° y 5° año de la carrera como “alumnos avanzados” (n =35).

Esta agrupación se fundamenta en los intereses de este estudio, centrando la atención en obtener resultados interesantes comparando los datos obtenidos de alumnos que cursan los primeros años de la carrera (“alumnos noveles o novatos”) o los últimos (“alumnos avanzados”), con la intención de observar similitudes o diferencias en las respuestas de los mismos. En función de lo anterior se consideró la formación académica o trayecto previo de los alumnos considerados como novatos y avanzados:

Trayecto de los Alumnos Novatos respecto al tema objeto de estudio.

Además de haber recibido instrucción respecto a estos temas durante su tránsito por el nivel medio de la educación, en el tramo de la carrera que están realizando, cursaron asignaturas en las que “Genética” es una unidad o tema del programa de asignaturas tales como “Biología General”, “Biología y su Laboratorio”.

Trayecto de los Alumnos avanzados respecto al tema objeto de estudio.

A lo antes citado para los alumnos novatos, se suma que estos estudiantes cursaron “Genética” como asignatura específica de la carrera.

El instrumento utilizado para recabar datos fue diseñado atendiendo al objetivo formulado y consistió en el planteo de una situación hipotética que se ajustaba a las finalidades del estudio; el mismo se elaboró como instrumento específico para ser utilizado en el presente estudio en concordancia con Sierra Bravo (1999), ya que cumplen una función de enlace entre los objetivos de la investigación y la realidad de la población estudiada y tienen una importancia central en el proceso de investigación ya que permiten obtener de manera sistemática y ordenada, información de la población investigada. Con esta finalidad se consideraron las peculiaridades de los cuestionarios basados en preguntas abiertas; las preguntas abiertas le dan al encuestado libertad en la respuesta y resultan de interés para conocer su marco referencial; por otra parte, como señala Sierra Bravo, (1999), su empleo resulta oportuno en los estudios exploratorios o cuando no se puede presumir la opinión de la población a encuestar. Los cuestionarios integrados por preguntas abiertas son señalados por otros autores (Astolfi, 1988; Giordan y De Vecchi, 1988) como adecuados para estudios de esta naturaleza, y con la posibilidad de complementarlo con entrevistas. Al respecto, Hernández Sampieri *et al.* (2006), destaca las ventajas que ofrece la elección de un cuestionario abierto sobre otros instrumentos argumentando que ofrecen información más amplia o más precisa y permiten profundizar sobre algunos aspectos de interés para la investigación.

El cuestionamiento planteado a la población encuestada fue el siguiente:

*Habiendo terminado de explicar la Meiosis, quieres comprobar si los alumnos han comprendido ciertos puntos clave del proceso. Les presentas el problema de una especie*

*hipotética en cuyas células somáticas hay 3 pares de cromosomas, indicándoles que respondan las siguientes preguntas:*

*a- ¿Cuántos cromosomas tendrán las gametas?*

*b- Dichos cromosomas: ¿serán dobles (es decir, constituidos por dos cromátidas), o simples (formados por una sola cromátida)?*

*c- ¿Qué características presentarán estas células respecto a las células que les dieron origen?*

*¿Cuáles serían, a tu criterio, las mejores respuestas que podrían dar los alumnos a estas preguntas?*

Una vez recopiladas las producciones de los estudiantes, se procedió a su estandarización, con el objeto de proceder a su análisis e interpretación. A los efectos de su codificación y categorización, se buscaron patrones generales de respuesta; encontrados estos, se elaboró una lista con dichos patrones y se identificó cada patrón como una categoría de respuesta. Para la sistematización de las producciones, se consideraron repuestas de referencia para contrastar las respuestas de los alumnos, las mismas se construyeron sobre la base de fuentes bibliográficas utilizadas habitualmente en la enseñanza superior (Audersik y Audersik, 1996; Cambell, y Recee, 2007; Curtis *et al.*, 2008; Hickman *et al.*, 2002; Sadava *et al.*, 2009; Ville *et al.*, 1992). Las categorías con sus correspondientes datos numéricos se registraron en Tablas. En las mismas se registraron la cantidad de respuestas para cada nivel o categoría correspondientes a ambos grupos de alumnos (avanzados y noveles o novatos). El sistema de categorías definido y los datos registrados permitieron su tratamiento posterior desde un punto de vista comparativo; para esto los datos se expresaron en porcentaje de respuestas de los alumnos por estrato o nivel. El objeto fue deducir resultados de interés comparando los datos obtenidos de los alumnos que cursan los primeros años de la carrera (“noveles o novatos”) o los últimos (“avanzados”). Para ello se construyeron tablas en planillas Excel y se procedió a la elaboración de gráficos de barras que expresaran los porcentajes obtenidos. Este tratamiento de los datos facilitó el análisis y las comparaciones que permitieron extraer conclusiones parciales respecto al grupo bajo estudio.

## RESULTADOS

Respuestas de los estudiantes al punto a. *¿Cuántos cromosomas tendrán las gametas?*

### **Respuesta de referencia:**

La respuesta que se esperaba debía indicar que las gametas tendrán 3 cromosomas.

Dadas las características de las respuestas obtenidas, las mismas fueron categorizadas según el siguiente criterio:

1. Respuesta Correcta (RC).
2. Respuesta Incorrecta (RI).
3. No recuerda/ No sabe/ No responde (NR).

En la Figura 1 se observa que el 74,3 % de los encuestados avanzados y el 63,3% de los noveles responden correctamente, señalando que las gametas tendrán 3 cromosomas (Categoría 1, RC); el 11,4% y el 23,3 % respectivamente, no responde o manifiesta que no lo sabe o no lo recuerda (NR). El porcentaje restante, cercano al 14% en ambos grupos, emite diferentes respuestas incorrectas (RI): “23 cromosomas”, “3 pares de cromosomas”, “6 cromosomas”, “un par y medio de cromosomas en cada gameta”, “3 cromosomas homólogos”.

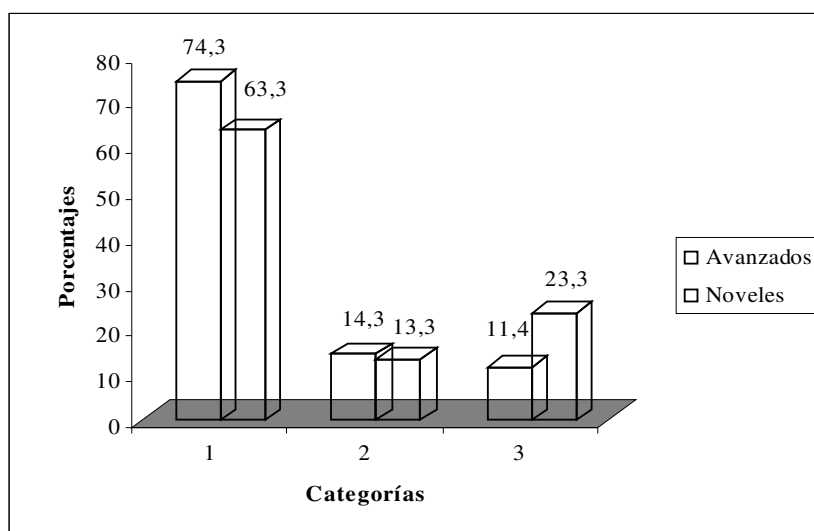


Figura 1. Porcentajes de respuestas de los alumnos avanzados y noveles al ítem ¿Cuántos cromosomas tendrán las gametas? (N=65). Categorías: 1. Respuesta Correcta (RC). 2. Respuesta Incorrecta (RI). 3. No recuerda/ No sabe/ No responde (NR).

Un porcentaje alto de encuestados responden correctamente; con porcentajes bajos en ambos grupos, existe diversidad de respuestas incorrectas, y la categoría “No recuerda/ No sabe/ No responde” se presenta tanto en alumnos avanzados como novatos, con un porcentaje mayor en estos últimos

Respuestas de los estudiantes al punto b. Dichos cromosomas: ¿serán dobles (es decir, constituidos por dos cromátidas), o simples (formados por una sola cromátida)?

#### Respuesta de referencia:

La respuesta esperada debía orientarse a señalar que las gametas poseen cromosomas simples, es decir constituidos por una sola cromátida.

Las respuestas obtenidas fueron asignadas a las siguientes categorías (Figura 2):

1. Respuesta Incorrecta (RI).
2. Respuesta Correcta (RC).
3. No recuerda/No sabe/ No responde (NR).

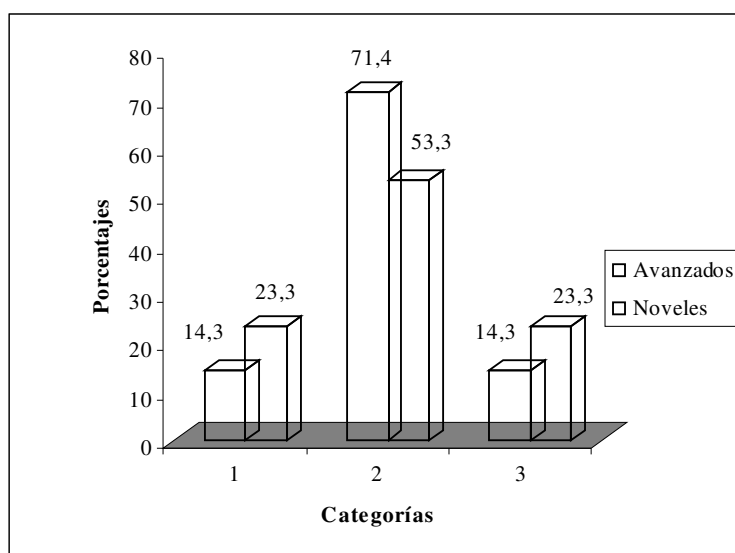


Figura 2. Porcentajes de respuestas de los alumnos avanzados y noveles al ítem *¿Dichos cromosomas serán dobles o simples?* (N=65). Categorías: 1. Respuesta Incorrecta (RI). 2. Respuesta Correcta (RC). 3. No recuerda/No sabe/No responde (NR).

El 71,4% de los alumnos avanzados en la carrera, y el 53,3% de estudiantes de los primeros años, responden correctamente (RC), indicando que los cromosomas serán simples, es decir formados por una sola cromátida (Figura 2). Un 14,3% (avanzados) y un 23,3% (noveles), no contesta a este punto, algunos de los cuales responden señalando que no lo saben (NR); el resto del alumnado emite respuestas incorrectas (RI) aunque en porcentajes bajos, manifestando que los cromosomas serán dobles, o sea formados por dos cromátidas.

Si se considera a los alumnos que no recuerdan, no saben o no responden, y a los que elaboran respuestas incorrectas, se observa que en casi la mitad de los estudiantes novatos y cerca de un tercio de los avanzados se presentan dificultades para la elaboración de una respuesta pertinente.

Respuestas de los estudiantes al punto c. *¿Qué características presentarán estas células respecto a las células que les dieron origen?*

#### **Respuesta de referencia:**

En esta instancia, se esperaba una respuesta que señalara que las células hijas serán diferentes a la célula progenitora ya que durante su formación en el proceso meiótico se produce la recombinación entre cromosomas homólogos y la segregación independiente de los cromosomas.

Las respuestas del alumnado fueron categorizadas como sigue:

1. Respuesta Correcta (RC).
2. Respuesta Incorrecta (RI).
3. No recuerda/ No sabe/ No responde (NR).

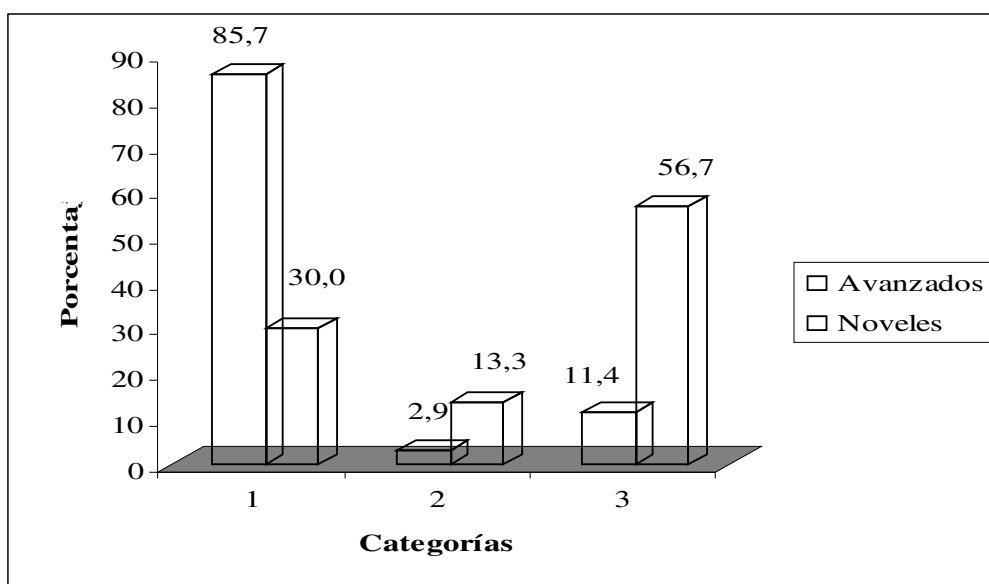


Figura 3. Porcentajes de respuestas de los alumnos avanzados y noveles al ítem *¿Qué características presentarán estas células respecto a las células que les dieron origen?* (N=65). Categorías: 1. Respuesta Correcta (RC). 2. Respuesta Incorrecta (RI). 3. No recuerda/ No sabe/ No responde (NR).

El 85,7% de los estudiantes avanzados en la carrera, y el 30% de los alumnos novatos, indica correctamente (RC) que las gametas serán diferentes por varias razones: por reducción cromosómica (poseen la mitad de cromosomas que la célula progenitora o N° haploide de cromosomas); generan variabilidad; son diferentes genéticamente; los cromosomas están recombinados (en la Meiosis I ocurre el crossing - over en el que los cromosomas homólogos intercambian información genética).

El 11,4% de los alumnos avanzados y un poco más del 50% de los estudiantes noveles no responde a este punto o afirma que no lo recuerda o no lo sabe (NR). En tanto, el resto de las respuestas comprende a quienes responden incorrectamente, afirmando que las gametas conservan las mismas características que las células originales o características parecidas a la célula madre (RI).

Los resultados obtenidos indican que más de la mitad de los estudiantes noveles no responden a la consigna; en cambio un alto porcentaje de estudiantes avanzados responden correctamente (Figura 3).

## DISCUSION

Ante el problema planteado, es de destacar la diversidad de respuestas incorrectas (RI) obtenidas de la población en estudio, lo cual pone en evidencia dificultades en la comprensión del proceso meiótico, especialmente cuando el mismo se plantea en forma de un problema. Esta categoría de respuesta se presenta en porcentajes bajos tanto en alumnos avanzados como noveles; lo mismo ocurre con los porcentajes correspondientes a los alumnos que no responden a lo solicitado (NR). Este hecho es de esperar en alumnos que comienzan su carrera, en los cuales, dada su condición de aprendices transitando los primeros años de sus estudios, resulta natural que no respondan a ciertos puntos o que sus respuestas sean



imprecisas o incorrectas. Sin embargo, la presencia de estas categorías en estudiantes avanzados estaría indicando una inadecuada comprensión del tema.

Si bien se presentan porcentajes altos de respuestas correctas (RC), especialmente en estudiantes avanzados, los resultados obtenidos muestran que existe una fracción del alumnado (si se considera a los alumnos que no responden y a los que elaboran respuestas incorrectas), que no alcanzaría una adecuada comprensión del tema, el cual resulta central para el abordaje de los contenidos del área de Genética. Al respecto, Klautau-Guimarães *et al.* (2008 a) aconsejan que en la formación superior, y con el objeto de contribuir a mejorar la comprensión de fundamentos básicos de Genética, se deben utilizar recursos didácticos específicos, que atiendan a los aspectos citológicos y genéticos, a los procesos de mitosis y meiosis, a la estructura de los cromosomas, así como a la ploidía de las células resultantes y a la cantidad de material genético.

También fueron reportadas por Klatau *et al.* (2009), la existencia de dificultades en la utilización de terminología específica y para dar explicaciones sobre el origen de la variabilidad; en este último caso especifican que pocas respuestas refieren explícitamente al fenómeno de meiosis o a su relación con la formación de las gametas y la reproducción. Más bien utilizan argumentos de sentido común o generalistas, recurriendo a términos como *mezcla* o *combinación del material genético* de los progenitores.

## CONCLUSIONES

La emisión de ideas que realizaron los alumnos brindó información acerca de la comprensión de contenidos importantes respecto a la Meiosis y su relación con la ploidía y tipo de células resultantes. De acuerdo al uso que hicieron de la terminología, ya sea para explicar o describir, se dedujo la comprensión lograda en este campo. Se encontró que si bien los contenidos disciplinares están presentes en el discurso del alumnado, una fracción de los mismos presentan un saber académico donde existen conceptualizaciones incompletas o simplificadas, ausencia de relaciones entre conceptos y una escasa integración de significados. En este grupo se evidencian dificultades o limitaciones relacionadas con la resolución de problemas abiertos, la relación de conceptos y la aplicación de contenidos a situaciones concretas.

**¿Cuáles son las implicancias didácticas que pueden tener los resultados de esta investigación?** El origen de este estudio surgió a partir de la concepción de que describir y comprender las dificultades para el aprendizaje del proceso meiótico en estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas, es necesario si se desea incidir significativamente en los procesos de aprendizaje. Para ello se las debe identificar ya que impiden aprendizajes duraderos, y encaminar acciones tendientes a lograr la comprensión de estos conceptos. De este modo se los podrá reorientar considerando las diferentes dimensiones que inciden en la formación de representaciones en el campo de la Genética. Para la enseñanza de estos temas, a partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se deberían considerar ciertos aspectos sustantivos; en base a ellos, se sugieren algunos aportes que pueden contribuir a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el área. En primer lugar se plantea la necesidad de que los alumnos construyan adecuadamente los conceptos básicos respecto a la Meiosis, lo que implica destinar el tiempo suficiente a su enseñanza y a la elaboración de actividades variadas con énfasis en su evaluación.



Luego, alcanzado lo anterior, al modo tradicional de presentar los problemas (problemas cerrados, causa-efecto) debería contraponerse con mayor insistencia, el trabajo con verdaderos problemas (problemas abiertos, efecto-cause) (Ibañez Orcajo, 2002; Sigüenza Molina, 2000; Stewart, 1988). Estos favorecen aprendizajes significativos ya que conducen al estudiante hacia la búsqueda de modelos más explicativos y predictivos. Trabajar en la resolución de problemas abiertos permitiría un abordaje más dinámico e integral de los contenidos referidos a la división meiótica y, en consecuencia, a las Leyes de la Herencia. Esto facilitaría el logro de aprendizajes más duraderos y acordes con el modo en que se construyen conocimientos: a partir de problemas verdaderos.

Por otra parte, el trabajo con problemas abiertos promueve cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales en los estudiantes, que pueden ser extendidos a otras disciplinas. Por esto resulta necesario desarrollar enfoques de este tipo en la formación del profesorado, promoviendo egresados capaces de generar materiales y actividades innovadores que contribuyan a mejorar los procesos y la calidad de la enseñanza.

Como derivación, el trabajo partiendo de problemas abiertos induciría a una revisión de las propuestas curriculares y de las intervenciones didácticas, que debería repercutir en el desarrollo de nuevos y adecuados materiales curriculares.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Astolfi, J. (1988). El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 147-155.

Audersik, T.; Audersik, G. (1996). *Biología. La vida en la Tierra*. Prentice Hall. 947 pp.

Ayuso, E.; Banet, E. y Abellán, T. (1996). Introducción a la Genética en la Enseñanza Secundaria y el Bachillerato: II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 127-142.

Campbell, N. y Reece, J. (2007). *Biología*. 7ª Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España. 1231 pp.

Curtis, H; Barnes, S; Schnek, A; Massarini, A. (2008). *Biología*. Séptima Edición en Español. Editorial Médica Panamericana. Madrid. España. 1009 pp.

Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 30- 35.

Giordan y De Vecchi. (1988). Los orígenes del saber. Ed. Díada, Sevilla, España.

González, N.; Lorenzo, M.; Rossi, A. (2008). El Conocimiento Pedagógico Del Contenido (Cpc): La Enseñanza de la Meiosis en el Nivel Medio. En *actas de VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Hernández Sampieri, R.; Fernández-Collado, C.; Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación. Ed. Mac Graw-Hill, México. 850 pp.

Hickman, J., Roberts, L Y Larson, A. (2002). *Principios Integrales de Zoología*. Mc Graw Hill. Interamericana, México. 1251 pp.

Ibáñez Orcajo, M. T. (2002). Aplicación de una Metodología de resolución de problemas como una investigación para el desarrollo de un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en el currículo de Biología de Educación Secundaria. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias de la Educación. Centro de Formación del Profesorado. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Kindfield, A. C. H. (1994). Understanding basic biological process: expert and novice model of meiosis. *Science Education*, 78 (3), 255-283.

Klautau-Guimarães, M.N.; Correia, A.; Pedrosa de Jesus, H. y Moreira, A. (2008). Recombinandomos os dominós: proposta de recurso didático para a promoção da literacia em genética. *V Seminário Ibérico y I Seminário Ibero-Americano, Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) no Ensino das Ciências*, Universidade de Aveiro, Portugal.

Klautau, N.; Aurora, A.; Dulce, D.; Silviene, S.; Helena, H. y Correia, A. (2009). Relação entre herança genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2267-2270. (<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2267-2270.pdf>).

Liberatore Cavallo, A. (1994). Relationships between student's meaningful learning orientation and their understanding of genetics topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (4), 393-418.

Legarralde, T. (2011). Representaciones sobre Meiosis y Leyes de Mendel de estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas. Tesis inédita de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Orientación Biología. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue. Pp. 264

Mengascini, A. (2006). Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (3).

Morín, E. (1995). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Editorial Gedisa. Barcelona, España.

Ramorogo, G. y Wood- Robinson, C. (1995). Batswana children's understanding of biological inheritance. *Journal of Biological Education*. 29 (1), 60-77.

Rodríguez Palmero, M. A. (2000). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 5 (3), 237-263. ([http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID66/v5\\_n3\\_a2000.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID66/v5_n3_a2000.pdf))

Rodríguez Palmero, M. L.; Marrero Acosta, J. ; Moreira, M. A. (2001). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de

célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 6 (3).

Rodríguez Palmero, M. L. (2003). La célula vista por el alumnado. *Ciência & Educação*, 9 (2), 229-246.

Sadava, D.; Heller, H. Orians, G.; Purves, W.; Hillis, D. (2009). *Vida. La ciencia de la Biología*. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina.

Sierra Bravo, R. (1999). *Técnicas de Investigación Social. Teoría y Ejercicios*. Editorial Paraninfo. Madrid, España. 714 pp.

Sigüenza Molina, A. (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 439-450.

Stewart, J. H. (1988). Potencial learning outcomes from solving genetics problems: a tipology of problems. *Science Education*, 72 (2), 237-254.

Tamayo Hurtado, M. y González García, F. (2003). Algunas dificultades en la enseñanza de la histología animal. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). (<http://www.saum.uvigo.es/reec/lang/spanish/volumenes.htm>).

Villee, C.; Solomon, E.; Martin, Ch.; Martin, D.; Berg, L. y Davis, P. (1992). *Biología*. Ed. Panamericana. España. 1404 pp.